Über die Gefäßversorgung der Achillessehne

Gerhard Schnorrenberg

1962

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41546810_0054

AUS DEM ANATOMISCHEN INSTITUT
DER UNIVERSITÄT MÜNCHEN

Direktor: Prof. Dr. T. v. Lanz

Über die Gefäßversorgung der Achillessehne

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der Doktorwürde in der gesamten Medizin
verfaßt und
einer Hohen Medizinischen Fakultät
der Ludwig-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von

Gerhard Schnorrenberg
aus München

München 1962

A. Schubert, München 5, Corneliusstr. 21 · Telefon 221777

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität München

Berichterstatter:	Privat-Dozent Dr. J. LANG
Mitberichterstatter:	Professor Dr. T. v. LANZ
Dekan:	Professor Dr. W. SEITZ

Tag der mündlichen Prüfung: 10. VII. 1962

R. UNIV. BIBLIOTHEEK LEIDEN

Sonderabdruck aus „Morphologisches Jahrbuch“
Band 103 · Heft 3 · 1962 · Seiten 428—456
Herausgegeben von Prof. Dr. Dr. H. Becher und Prof. Dr. Dr. h. c. G. Hertwig

Aus dem Anatomischen Institut der Universität München
(Direktor: Prof. Dr. T. v. Lanz)

Über die Gefäßversorgung der Achillessehne

Von

G. Schnorrenberg

Mit 9 Abbildungen und 5 Tabellen

(Eingegangen am 8. August 1961)

AKADEMISCHE VERLAGSGESELLSCHAFT
GEEST & PORTIG K.-G., LEIPZIG
1962

Aus dem Anatomischen Institut der Universität München
(Direktor: Prof. Dr. T. v. Lanz)

Über die Gefäßversorgung der Achillessehne

Von

G. Schnorrenberg[1,2]

Mit 9 Abbildungen und 5 Tabellen

(Eingegangen am 8. August 1961)

Inhaltsübersicht

Seite

A. Fragestellung 429
B. Material und Methoden 430
a) Injektion der arteriellen Gefäße mit Latex-Gummimilch 430
b) Injektion der Gefäße mit Scriptol-Serumgemisch 430
c) Histologie der zur ventralen Sehnenseite ziehenden Gefäße 430
d) Auszählen und Ausmessen der Gefäße, die zur Sehne ziehen und ihr aufliegen 430
e) Die Gefäße innerhalb der Sehne 431
C. Befunde 431
a) Variationen der präparierten Achillessehnen in Länge und Breite 431
b) Die zuführenden und ableitenden Gefäße der Achillessehne 432
1. Das ventrale arterielle Gefäßnetz der Achillessehne 433
2. Gefäße, die tibial und fibular die Achillessehnenkanten umgreifen ... 436
3. Das dorsale arterielle Gefäßnetz der Achillessehne 438
4. Aus dem dorsalen Gleitgewebe in das der dorsalen Achillessehnenseite aufliegende Gefäßnetz einmündende Gefäße 439
5. Gefäßeintritte in die Achillessehne 440
I. Ventrale Gefäßeintritte 440
II. Dorsale Gefäßeintritte 443
6. Der venöse Abfluß aus der Achillessehne 445
c) Histologische Befunde an nichtinjizierten Gefäßen, die zur ventralen Achillessehnenseite ziehen 445
d) Gefäßverlauf und Anzahl der Gefäße innerhalb der Sehne 446
D. Diskussion der Befunde 450
E. Zusammenfassung der Ergebnisse 453
F. Schrifttum 455

[1] In Dankbarkeit meinem Vater gewidmet.

[2] Auf Anregung und unter Anleitung vom Priv. Doz. Dr. Lang

A. Fragestellung

Die Berichte von Achillessehnenrissen häufen sich in letzter Zeit. Als Ursachen werden neben Unfällen, bei denen besonders abrupte Kräfte auf die Sehne einwirken, übermäßige sportliche Beanspruchung angegeben. So werden Skibindungen, die den Fuß und vor allem die Ferse auf den Ski gleichsam festnageln, wie etwa die Langriemenbindung, für viele Sehnenrisse verantwortlich gemacht, daneben auch mangelnde Durchwärmung des Organismus vor sportlichen Höchstleistungen, schließlich der Leistungssport schlechthin: Tennis, Sprinten usw. Die Rißstellen der Achillessehne sollen nach Stucke in drei verschiedenen Sehnenbereichen anzutreffen sein: 1. knapp proximal des Calcaneus, 2. an der Stelle, an der die Sehne vom Muskel unterlagert wird, und 3. 3 bis 4 cm oberhalb des Calcaneus. Die einzelnen Rißstellen sollen sich dabei in gleicher Reihenfolge zueinander wie 1:2:3 verhalten. Die individuell recht verschiedene Länge der muskelfreien Achillessehne, die aus den Meßergebnissen für die Sehnen von Erwachsenen der Tabelle 1 zu ersehen ist, wurde in der Statistik von Stucke nicht berücksichtigt. Im Gegensatz zu Stucke beschreibt Schönbauer den typischen Achillessehnenriß 3 bis 5 cm proximal des Calcaneus. Einen Sehnenausriß am Calcaneus bezeichnet er als sehr selten. Auch Viernstein schließt sich auf Grund seiner eigenen Erfahrungen dieser Meinung an. Schönbauer ermittelte ein Durchschnittsalter der von Achillessehnenrissen Betroffenen von 39 Jahren. Er bezieht die Sehnenrisse auf direkte und indirekte Traumen und auf pathologische Vorgänge im Sehneninneren.

Abgesehen von direkten und indirekten Traumen werden die Achillessehnenrupturen, die stets vollständig sein sollen (Schönbauer), auf vorangegangene, degenerative Erscheinungen innerhalb der Sehne bezogen (Schönbauer, Schneider und von ihm zitierte Autoren). Obwohl es naheliegt, für degenerative Vorgänge im Sehneninneren eine mangelhafte Durchblutung verantwortlich zu machen, wurde bisher die Gefäßversorgung der Achillessehne kaum beachtet oder untersucht. Die Aufgabe dieser Arbeit soll daher sein, die Gefäßversorgung der Achillessehne zu studieren, die Häufigkeit von Gefäßeintritten in den einzelnen muskelfreien Sehnenabschnitten festzustellen und die Gefäßversorgung des Sehneninneren genauer zu ermitteln. Schließlich soll an histologischen Schnitten der Wandbau der zur ventralen Sehnenseite ziehenden Gefäße aus verschiedenen Höhenabschnitten auf pathologische Veränderungen untersucht werden.

B. Material und Methoden

a) Injektion der arteriellen Gefäße mit Latex-Gummimilch

Um eine möglichst feine Injektionsmasse zu gewinnen, wurde Zinnoberrot zusammen mit Latex-Gummimilch durch ein engmaschiges Tuch gepreßt. Die Injektion dieses Gemisches erfolgte mittels einer 100 cm^3 fassenden Glasspritze, deren Kanüle in die A. poplitea eingebunden war. Der Vorgang der Gefäßfüllung wurde abgebrochen, wenn ein deutlicher Gegendruck entstanden war. Im Anschluß daran wurde die Achillessehne zusammen mit ihrem Paratenon (Nomenklatur: Mayer) und, in der Mehrzahl der Fälle, mit dem Tuber calcanei herauspräpariert. Die Gefäßpräparation wurde sowohl makroskopisch als auch unter der Lupe bei 10- bis 16facher Vergrößerung vorgenommen.

Zur Präparation gelangten die Sehnen eines Neugeborenen, rechts; eines 1jährigen, rechts; eines 20jährigen, links; einer 36jährigen, links; eines 37jährigen, rechts und links; eines 53jährigen, rechts und links; eines 59jährigen, links, und einer 79jährigen, links.

b) Injektion der Gefäße mit Scriptol-Serumgemisch

Mit Hilfe eines Irrigators injizierte ich in die A. poplitea des rechten Beines einer 35jährigen Frau und in die A. femoralis des linken Beines eines Neugeborenen ein Scriptol-Serumgemisch. Der Injektionsdruck entsprach etwa dem Blutdruck der unteren Extremität.

c) Histologie der zur ventralen Sehnenseite ziehenden Gefäße

Zur Fixierung der Präparate verwandte ich eine 8%ige Formollösung. Nach der Entwässerung in aufsteigender Alkoholreihe schloß sich über Methylenbenzoat und Benzol die Einbettung in Paraffin an. Die Schnittdicke betrug 10 bis 15 μ. Die Präparate wurden mit Hämalaun-Eosin gefärbt. Auf diese Weise behandelte ich jeweils die ventralen Gefäße der linken Achillessehne eines 19jährigen, der rechten eines 57jährigen und der linken einer 75jährigen. Dabei erschien es zweckmäßig, die Sehnen in drei Abschnitte, in einen proximalen, einen mittleren und einen distalen einzuteilen.

d) Auszählen und Ausmessen der Gefäße, die zur Sehne ziehen und ihr aufliegen

Das Auszählen erfolgte bei 6- bis 10facher Vergrößerung, die Dickenmessung bei 40facher Vergrößerung mit Hilfe des Zeissschen Meßokulars.

e) Die Gefäße innerhalb der Sehne

Zur Untersuchung gelangten die Sehnen eines weiblichen Neugeborenen, links; eines 1jährigen, links; einer 19jährigen, rechts; eines 20jährigen, links; eines 27jährigen, rechts; eines 28jährigen, rechts; einer 35jährigen, rechts, einer 40jährigen, links; einer 53jährigen, links; eines 56jährigen, rechts; eines 65jährigen, rechts, und einer 75jährigen, links. Die 12 Sehnen entstammten somit jeweils zur Hälfte männlichen und weiblichen Individuen. Die Sehnen des Neugeborenen und der 35jährigen wurden vor ihrer Untersuchung mit Scriptol-Serumgemisch injiziert; siehe unter b.

Die Sehnen der Erwachsenen wurden in Abschnitte von je 1 cm aufgeteilt, beim Neugeborenen und 1jährigen von je 0,5 cm. Die distale Grenze des tiefsten Abschnittes fällt mit der Calcaneus-Sehnengrenze zusammen, einer gedachten horizontalen Ebene durch den obersten Rand des Tuber calcanei. Soweit möglich, untersuchte ich auch noch die Sehnenansatzzone. Der proximalste Abschnitt war in allen Fällen muskelunterlagert. Die Sehnenteilstücke wurden in 40 μ dicke Gefrierschnitte zerteilt. Daran anschließend erfolgte eine Hämalaun- bzw. eine Hämalaun-Eosinfärbung.

Das Auszählen der Sehnengefäße der Gefrierschnittpräparate geschah auf folgende Weise: Bei 200facher Vergrößerung zählte ich jeweils 10 Gesichtsfelder sowohl in Randbezirken als auch in der Mitte eines jeden Schnittes aus. Dann bestimmte ich den Mittelwert je Gesichtsfeld. In der Gefäßdicke unterschied ich nur zwischen Kapillaren und größeren Gefäßen; bei letztgenannten erfolgte keine Sonderung in Arteriolen und Venulen bzw. in Arterien und Venen. Berücksichtigung fanden Bindegewebsstraßen, die sich vornehmlich im calcaneusnahen Bereich zwischen die Sehnenfaserbündel einschieben und neben Kapillaren zahlreiche größere Gefäße enthalten.

C. Befunde

a) Variationen der präparierten Achillessehnen in Länge und Breite

Die muskelfreie Achillessehne variiert in ihrer Länge individuell sehr stark. Siehe Tabelle 1.

Die Längenvariationen der nichtinjizierten und der beiden mit Scriptol-Serumgemisch injizierten Achillessehnen siehe in Tabelle 5.

Die Breite der Sehnen wurde an der Calcaneus-Sehnengrenze in 2 cm, in 5 cm und in 10 cm Abstand vom Calcaneus gemessen. Eine individuelle

Tabelle 1
Variationen der injizierten Achillessehnen in ihrer muskelfreien Länge, Maßangaben in Zentimeter

Sehne	fibular	Mitte	tibial
I. Neugeborenes, rechts, weiblich	1,65	1,6	1,4
II. 1jährig, rechts, männlich	3,2	2,1	2,9
III. 20jährig, links, männlich	8,1	5,4	5,8
IV. 36jährig, links, weiblich	3,5	1,7	1,7
V. 37jährig, rechts, männlich	3,8	3,5	7,2
VI. 37jährig, links, männlich	4,2	3,3	5,0
VII. 53jährig, links, männlich	6,1	5,8	7,2
VIII. 53jährig, rechts, männlich	7,5	6,5	6,5
IX. 59jährig, links, männlich	11,5	7,3	6,2
X. 79jährig, links, weiblich	6,8	3,6	3,8

Verschiedenheit in der Breite ist in den jeweiligen Abständen vom Calcaneus ebenfalls deutlich nachzuweisen. Siehe Tabelle 2. Aus der tabellarischen Darstellung geht eindeutig hervor, daß die Achillessehne nach distal konisch zuläuft, um 2 bis 3 cm oberhalb ihrer Insertion am Calcaneus sich wieder zu verbreitern.

Tabelle 2
Variationen der injizierten Achillessehnen in ihrer Breite in verschiedenen Höhen, Maßangaben in Zentimeter

Sehne	Sehnen-grenze	2 cm	5 cm	10 cm
I. Neugeborenes, rechts, weiblich	0,45	—	—	—
II. 1jährig, rechts, männlich	1,1	0,6	1,5	—
III. 20jährig, links, männlich	2,3	1,5	1,2	1,9
IV. 36jährig, links, weiblich	2,5	1,8	1,7	2,4
V. 37jährig, rechts, männlich	2,6	1,5	1,7	3,9
VI. 37jährig, links, männlich	2,2	1,6	1,6	3,2
VII. 53jährig, links, männlich	—*	1,4	1,2	2,3
VIII. 53jährig, rechts, männlich	—*	1,5	1,2	2,5
IX. 59jährig, links, männlich	2,4	1,8	1,5	3,0
X. 79jährig, links, weiblich	—*	1,3	1,7	4,1

* = ohne Calcaneus; daher ist es nicht möglich, die Sehnenbreite an der Calcaneus-Sehnengrenze genau zu bestimmen.

b) Die zuführenden und ableitenden Gefäße der Achillessehne

Die Achillessehne bekommt ihre arteriellen Blutgefäße vorwiegend aus Ästen der A. peronaea und weniger zahlreich aus Ästen der A. tibialis post. Diese aus der A. peronaea und der A. tibialis post. entspringenden

Gefäße werden als zuführende Hauptgefäße bezeichnet. Die zuführenden Hauptgefäße verlaufen von fibular bzw. von tibial zur ventralen Achillessehnenseite. Sie versorgen sowohl die ventrale als auch die dorsale Sehnenseite. Die Sehnengefäße lassen sich in folgende Gruppen gliedern:

1. Die Gefäße bilden auf der Sehnenvorderseite innerhalb des ihr unmittelbar aufliegenden Corpus adiposum subachilleum ein dichtes arterielles und venöses Gefäßnetz (Abb. 1 und 2). Seine Äste versorgen den Fettkörper und die Sehnenvorderseite, in die sie kurze Arterien bzw. Venen abgeben. Beim Neugeborenen und 1jährigen liegt dieses Gefäßnetz der Sehne eng an und läßt sich nicht von ihr abheben.
2. Äste dieses Gefäßnetzes umgreifen tibial und fibular die Sehnenkanten (Abb. 1 und 2) und beteiligen sich am Aufbau des dorsalen Gefäßnetzes. Diese umgreifenden Gefäße liegen zunächst in den Schichten des dorsalen Gleitgewebes der Achillessehne (Lang, 1959) und lagern sich nach einer kurzen Strecke unter Bildung eines Gefäßnetzes in das Epitenonium ein (Abb. 3). Während im Bereich der muskelfreien Achillessehne die Gefäße in horizontaler Richtung die Sehnenkanten umgreifen, ziehen sie im muskelunterlagerten, proximalen Sehnenteil steiler nach oben.
3. Aus den Arterien und Venen des der dorsalen Achillessehnenseite aufliegenden Gleitgewebes ziehen kurze Gefäßäste in das dorsale Gefäßnetz hinein.
4. Unmittelbar oberhalb des Calcaneus fiel immer wieder ein wechselnd stark ausgebildeter Verbindungsast zwischen der A. peronaea und der A. tibialis post. auf, der die Basis der Synovialisfalte der Bursa synovialis subachillea begleitet und diese, wie auch die Achillessehne mit kurzen Ästen versorgt. Diese ventrale Anastomose zwischen den beiden Arterien findet dorsal über der Sehneninsertion am Calcaneus ein Gegenstück, so daß somit häufig ein die Achillessehne ventral und dorsal umgreifendes Ringgefäß entsteht.

1. Das ventrale arterielle Gefäßnetz der Achillessehne

Dieses Gefäßnetz erhält seinen Zufluß aus kurzen Ästen der A. peronaea und der A. tibialis post. Ausgezählt wurden an 10 Präparaten insgesamt 46 zuführende Hauptgefäße, von denen 31 aus der A. peronaea und 15 aus der A. tibialis post. stammten. 15 hatten ihr Hauptversorgungsgebiet am proximalen Sehnenende und gaben in der Regel mindestens einen starken Ast zum distalen Ende des M. soleus ab (Abb. 1). Die anderen 31 verteilten sich über die übrige Sehnenstrecke, meistens auf das distale

Drittel. Die Dicke der proximalen Hauptgefäße beträgt an den Sehnen Erwachsener zwischen 0,4 und 0,9 mm. In der Mehrzahl haben sie Durchmesser von 0,5 bis 0,6 mm. Distal sind die Gefäße maximal 1,1 mm und minimal 0,3 mm dick. Durchschnittlich betragen die Durchmesser

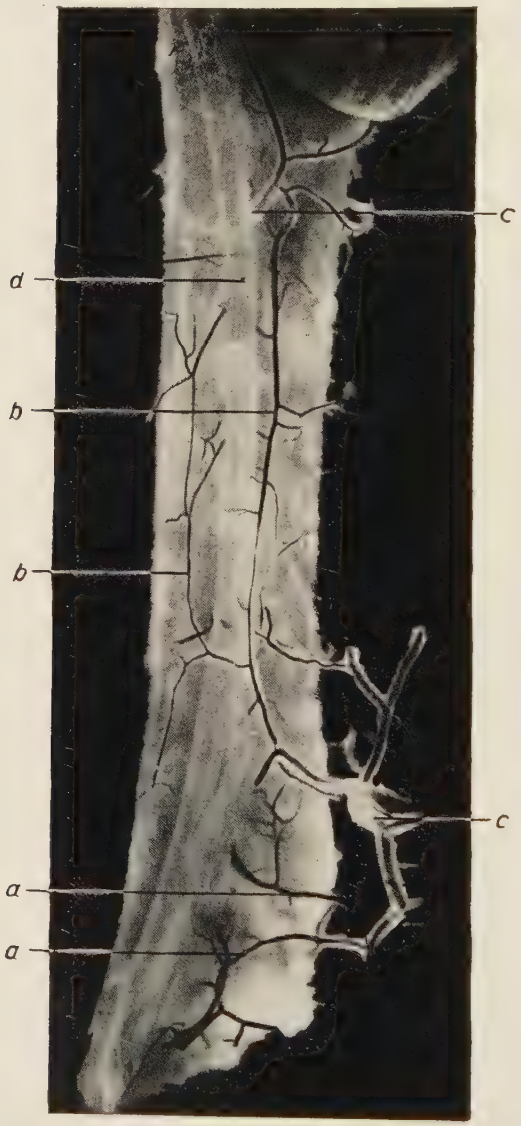

Abb. 1. Ventrales, der Achillessehne aufliegendes Gefäßnetz eines 53jährigen Mannes links, Gefäße latexinjiziert, mit Glyzerin aufgehellt. 2mal natürliche Größe.
a) kurze, steile Arkaden, b) lange, flache Arkaden, c) zuführende Hauptgefäße, d) Plantarissehne

zwischen 0,5 und 1,0 mm. Die zuführenden Hauptgefäße der Sehnen des Neugeborenen und des 1jährigen sind proximal 0,25 bzw. 0,3 mm dick, distal messen sie zwischen 0,2 und 0,35 mm bzw. zwischen 0,13 und 0,4 mm.

Innerhalb des ventralen Gefäßnetzes fallen stets Längsanastomosen zwischen den zuführenden Hauptgefäßen auf. Sie sind in den proximalen 2 Dritteln zahlreicher und stehen durch querverlaufende Anastomosen untereinander in Verbindung (Abb. 1 und 2). Die Gefäßdurchmesser der arkadenförmigen Anastomosen sind beim Erwachsenen zwischen 0,15 und 0,65 mm dick. Beim Neugeborenen und 1jährigen betragen die Durchmesser der gleichen Gefäße zwischen 0,1 und 0,225 mm.

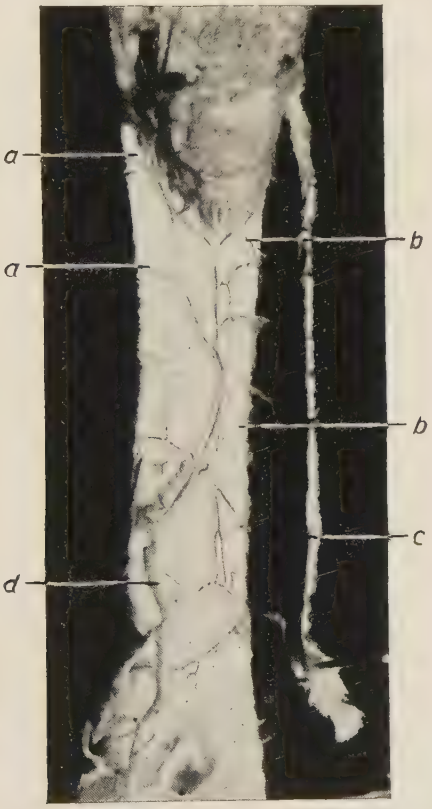

Abb. 2. Vom ventralen Gefäßnetz abzweigende, die Achillessehnenkanten umgreifende Gefäße. 53jähriger Mann rechts, Gefäße latexinjiziert, $1^1/_4$mal natürliche Größe.
a) die fibulare Sehnenseite umgreifende Gefäße, b) die tibiale Sehnenseite umgreifende Gefäße, zwischen Achilles- und c) Plantarissehne, d) A. peronaea. Störende Luftblasen des Bildhintergrundes wurden mit Tusche übermalt

Im distalen Sehnendrittel liegen sehr starke Verflechtungen bindegewebiger Stränge vor. Hier finden sich im Gegensatz zu den proximalen 2 Dritteln mit ihren langen Längsanastomosen nur kurze longitudinale Arkadenbildungen (Abb. 1). Außerdem sind die distalen Gefäße dünner. Sie messen zwischen 0,1 und 0,2 mm. Auch die Anordnung der Gefäße ist distal anders als proximal. Während in den proximalen 2 Dritteln das Gefäßnetz flach ausgebreitet im Fettkörper der Sehnenvorderfläche aufliegt, ist die Verlaufsrichtung der Gefäße im distalen Drittel überwiegend senkrecht zur Sehne eingestellt. Schließlich sind distal die Teilstrecken des Gefäßnetzes auch kürzer (Abb. 1).

Die Maschenweite des ventralen Gefäßnetzes beträgt beim Erwachsenen in vertikaler Richtung in den oberen 2 Dritteln der muskelfreien Sehne durchschnittlich 7,64 mm, im Bereich des distalen Drittels dagegen nur 5,76 mm. Auch in horizontaler Richtung ist die Maschenweite unterschiedlich. Im proximalen Sehnenabschnitt mißt sie etwa 3,8 mm, im distalen etwa 2 cm langen Abschnitt 5,04 mm. Während also im proximalen Teil der Sehne die Längsrichtung der Maschenräume überwiegt, ist im distalen Teil das Netzwerk mehr quer ausgerichtet (Abb. 1).

Die mittlere Gefäßdicke des ventralen Gefäßnetzes beträgt im proximalen Sehnenteil 0,191 mm beim Erwachsenen, im distalen 0,198 mm. Ein wesentlicher Unterschied des Gefäßdurchmessers zwischen proximalem und distalem Sehnenabschnitt kann somit nicht festgestellt werden. Auch beim Neugeborenen mit 0,111 mm im proximalen und 0,113 mm im distalen Teil und beim 1jährigen mit 0,098 mm im proximalen und 0,097 mm im distalen Sehnenteil lassen sich diese Merkmale auffinden.

2. Gefäße, die tibial und fibular die Achillessehnenkanten umgreifen

An 8 Erwachsenensehnen wurden insgesamt 158 die Sehnenkanten umgreifende Gefäße ausgezählt (Abb. 2). Auf ein Präparat kommen also ungefähr 20. Fibular waren es 82, tibial 76 Gefäße. Eine eindeutige Bevorzugung einer Seite ist demnach nicht festzustellen. Die um die Sehnenkanten ziehenden Gefäße sind annähernd regelmäßig entwickelt. Ihre Zahl ist von Individuum zu Individuum verschieden. Sie schwankt fibular zwischen 5 und 17 und tibial zwischen 5 und 13. Auch die Anzahl der Gefäße der rechten und linken Achillessehne gleicher Individuen variiert stark untereinander. Den größten Durchmesser haben die Gefäße fibular mit 0,4 mm, tibial mit 0,2 mm. Die dünnsten Gefäße messen tibial und fibular 0,025 mm. Die Mehrzahl der Gefäße hat einen Durch-

messer zwischen 0,05 und 0,1 mm, jedoch sind auch solche von 0,125 mm und 0,175 mm nicht selten.

Die Sehnen des Neugeborenen und des 1jährigen verhalten sich bezüglich der Anzahl der um die Sehnenkanten ziehenden Gefäße ähnlich wie die der Erwachsenen. Der Gefäßdurchmesser ist entsprechend kleiner mit minimal 0,025 mm und maximal 0,1 mm.

Die tibialen Gefäße ziehen regelmäßig zwischen Plantaris- und Achillessehne hindurch (Abb. 2 und 3), sofern die Plantarissehne tibial von der Achillessehne verläuft bzw. die Plantarissehne überhaupt angelegt ist. G. Alker konnte nämlich feststellen, daß der M. plantaris in 1,9 % fehlen

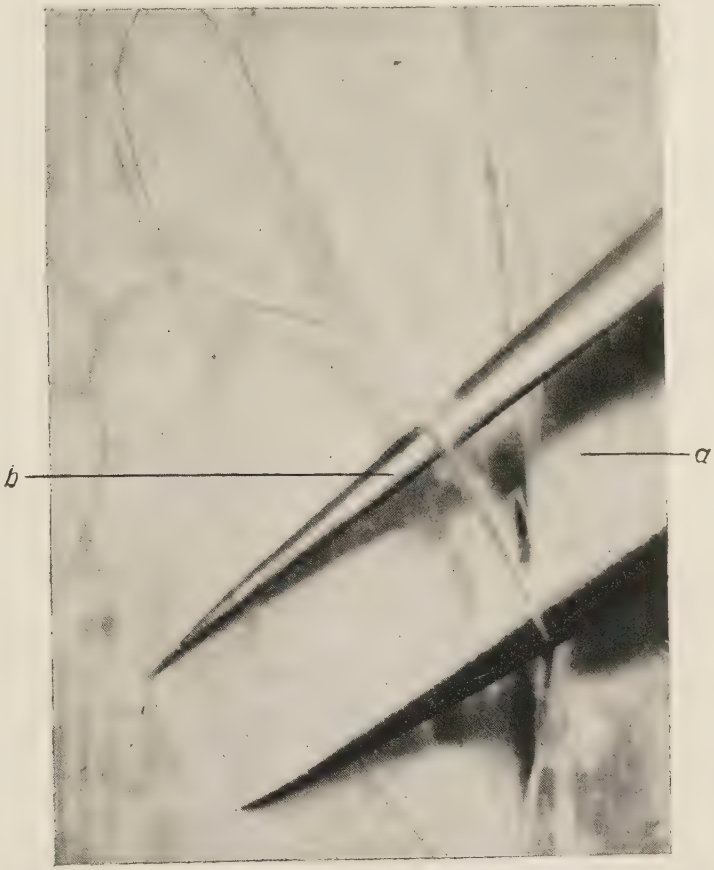

Abb. 3. Zwischen Achilles- und Plantarissehne durchtretendes Gefäß, das zuerst in das dorsale Gleitgewebe eintritt und dann in das der dorsalen Sehnenseite aufliegende Gefäßnetz einmündet. 36jährige Frau links, Gefäße latexinjiziert, 5fache Vergrößerung.
a) Plantarissehne, b) Uhrmacherpinzette

kann und daß in weiteren 3,2 % die Plantarissehne bereits in den Muskelbäuchen des M. triceps surae endet. In 5,1 % der Fälle fehlt die Plantarissehne im Achillessehnenbereich. In 3,4 % der Fälle liegt die Plantarissehne fibular von der Achillessehne (Alker).

3. Das dorsale arterielle Gefäßnetz der Achillessehne

Dieses Arteriennetz ist nicht ausschließlich in das dorsale Epitenonium eingelagert, sondern öfters in die tiefsten Schichten des dorsalen Gleitgewebes eingefügt. Nachdem die Gefäße die fibulare und tibiale Sehnenkante umgriffen haben, ziehen sie zunächst im Gleitgewebe und lagern sich erst nach einer gewissen Strecke in das Epitenonium ein (Abbildung 3, vgl. Abbildung 4 der Arbeit Lang 1960). Auch dorsal sind die Netzmaschen überwiegend longitudinal. Sie können jedoch, namentlich im mittleren und distalen Bereich, mehr quer ausgerichtet sein.

Um die einzelnen Sehnenabschnitte untereinander vergleichen zu können, wurde die dorsale Achillessehnenseite in 3 Teile gegliedert:

1. von der Sehnenansatzzone bis 2 cm proximal,
2. von 2 bis 5 cm proximal und
3. von 5 bis 10 cm proximal der Sehnenansatzzone.

Die Maschenweite des dorsalen Gefäßnetzes beträgt beim Erwachsenen in longitudinaler Richtung im ersten Abschnitt im Mittel 6,35 mm, im zweiten Abschnitt 6,5 mm und im dritten Abschnitt 9,23 mm. In transversaler Richtung ist die Netzmaschenweite im ersten Abschnitt 5,77 mm, im zweiten Abschnitt 4,71 mm und im dritten Abschnitt 6,22 mm breit. Beim Neugeborenen beträgt die Maschenweite in allen 3 Abschnitten in transversaler und vertikaler Richtung ungefähr 2,3 mm. Beim 1jährigen mißt die Maschenweite in transversaler Richtung in allen 3 Abschnitten etwa 3,5 mm, in vertikaler Richtung im ersten Abschnitt 3,8 mm, im zweiten Abschnitt 3,0 mm und im dritten Abschnitt 4,5 mm.

Die Gefäße des dorsalen Gefäßnetzes sind im ersten Abschnitt 0,102 mm im zweiten Abschnitt 0,073 mm und im dritten Abschnitt 0,078 mm dick. Beim Neugeborenen und 1jährigen messen die entsprechenden Gefäße in gleicher Reihenfolge 0,03 bzw. 0,075 mm, 0,05 bzw. 0,06 mm und 0,055 bzw. 0,071 mm. Die Zahlen geben jeweils einen Mittelwert an.

Während demnach von proximal nach distal die vertikale Maschenweite deutlich abnimmt und in transversaler Richtung das Gefäßnetz im zweiten Abschnitt die größte Dichte aufweist, sind im zweiten Abschnitt die Gefäße am dünnsten. Außerdem fielen beim Präparieren im distalsten Bereich der Achillessehne außerordentlich dicke Gefäßgeflechte auf. Über

der Sehneninsertion am Calcaneus finden sich Gefäßdurchmesser bis zu 0,5 mm und darüber (Abb. 4). Von diesem Geflecht aus ziehen nach proximal Gefäße, die auch das dorsale Gefäßnetz speisen. Ich hatte den

Abb. 4. Dorsal über den Sehnenansatz verlaufendes, über 1 mm dickes Gefäß, von dem nach proximal immer dünner werdende Äste abgehen. 59jähriger Mann links, Gefäße latexinjiziert, $1^1/_3$mal natürliche Größe

Eindruck, als sei etwa 1 bis 2 cm oberhalb des Calcaneus beginnend das dorsale Gefäßnetz nach proximal über 2 bis 3 cm schwächer ausgeprägt. Dieser Eindruck wurde noch verstärkt durch das Studium der Sehnen des 53jährigen Mannes, links, und der 79jährigen Frau, links, an denen in dieser Zone ein dorsales Gefäßnetz nicht nachzuweisen war.

4. Aus dem dorsalen Gleitgewebe in das der dorsalen Achillessehnenseite aufliegende Gefäßnetz einmündende Gefäße

An 8 Erwachsenensehnen wurden insgesamt 68 aus dem dorsalen Gleitgewebe in das dorsale Gefäßnetz eindringende Gefäße ausgezählt, von

denen 21 auf den ersten Abschnitt, 11 auf den zweiten Abschnitt und 36 auf den dritten Abschnitt entfielen. Es liegt also eine ziemlich ungleichmäßige Verteilung vor, mit einem Minimum im zweiten Abschnitt. Das Maximum der Gefäßdicke beträgt 0,175 mm, das Minimum 0,025 mm. Die häufigsten Durchmesser liegen zwischen 0,038 und 0,075 mm.

5. Gefäßeintritte in die Achillessehne

I. Ventrale Gefäßeintritte

Beim Präparieren fiel auf: Die eintretenden Gefäße sind reichlich mit Fett umgeben, das sich auch noch einige Millimeter Strecke in die Sehne hinein erstreckt. Die Gefäßeintrittszonen zeigen häufig zur Sehnenlängsrichtung schräg bis quer verlaufende, proximal oder distal des eintretenden Gefäßes lokalisierte Sehnenfaserzüge (Abb. 5). Diese Sehnenfaserzüge schwenken aus dem Sehnenverband aus, überspringen mehrere seiner

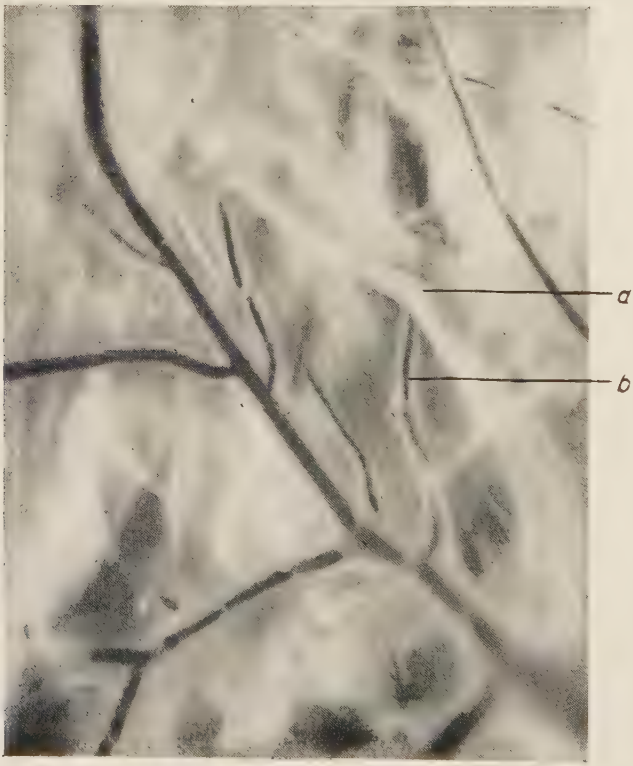

Abb. 5. Ventraler Gefäßeintritt. 59jähriger Mann links, Gefäße latexinjiziert, 8,6fache Vergrößerung
a) schräg verlaufender Bindegewebszug, b) eintretendes Gefäß

Abb. 9. Jejunum mechanisch längsgedehnt. Vergrößerung 450fach. Färbung: Eisenhämatoxylin nach Weigert. Eine „gewisse Unruhe" durch Gefäßdurchtritte ist bemerkbar. Die „abgedrängten" Muskelfasern, rechts unten im Bild, strahlen dennoch in das Gitter ein.

Schrifttum

Baecker, R.: Über die Muscularis mucosae des menschlichen Dünndarmes. Z. f. mikrosk.-anat. Forsch. Bd. **34** (1933) 313—329.

Bargmann, W.: Lehrbuch der Histologie und mikroskopischen Anatomie des Menschen. Bd. **2** Organe u. Systeme (1951) Georg Thieme Verlag Stuttg.

Bienenfeld, B.: Das anatomische Verhalten der Muscularis mucosae in Beziehung zu ihrer physiologischen Bedeutung. Pflügers Arch. f. Phys. Bd. **98** (1903) 389—402.

Braun, B.: Über den Bau der Submukosa des Dünndarmes. Z. f. mikrosk.-anat. Forsch. Bd. **25** (1931) 44—49.

Braus, H.: Lehrbuch der Anatomie des Menschen. Bd. **2** (1924) Springer Verlag Berlin.

Brücke, E.: Über ein in der Darmschleimhaut aufgefundenes Muskelsystem. Sitzungsber. d. K. Akademie d. Wissenschaften zu Wien, Math.-naturwiss. Klasse. Bd. **6** (1851) 214–219.

Carey, E. J.: Studies os the structure and function of the small intestine. Anat. Record. Vol. **21** (1921) 189–215.

Carlier, E. W.: Contributions to the Histology of the Hedgehog. I The Alimentary Canal. J. Anat. a. Physiol. Vol. **27** (1896) 85–111.

Clara, M.: Über den Bau des Magen-Darm-Kanals bei den Amseln (Turdidae). Z. f. Anat. u. Entwicklungsgesch. Bd. **102** (1934) 718–771.

Dobbertin, R.: Über die Verbreitung und Anordnung des elastischen Gewebes in den Schichten des gesamten Darmkanals. Gekrönt. Preisschr. d. med. Fakult. zu Rostock (1896).

Ebner v., V.: In Köllikers Handbuch d. Gewebelehre d. Menschen. Bd. **3** (1899) 1. Hälfte S. 148.

Ellenberger, W.: Handb. d. vergl. mikrosk. Anat. d. Haustiere. Bd. **3**, Berlin (1911) 1–415 Verdauungsapp.

Exner v., A.: Wie schützt sich der Verdauungstrakt vor Verletzungen durch spitze Fremdkörper. Pflüg. Arch. f. Phys. Bd. **89** (1902) 253–280.

Favilli, N.: Contributoallo studio della „lamina muscularis mucosae" nell'intestino di alcune specie di Vertebrati domestici. Arch. Ital. Anat. Bd. **31** (1933).

Fischer, H., und E. Seesemann: Die Strukturprinzipien der Wand des Katzendarmes im Vergleich mit dem Darm des Menschen. Morph. Jb. Bd. 102 (1961) 257—280.

Gegenbaur, C.: Lehrbuch der Anatomie des Menschen. Bd. **1–2**, 4. Abschnitt. Vom Darmsystem (1892).

Goerttler, K.: Der konstruktive Bau der menschlichen Darmwand. Morph. Jb. Bd. **69** (1932) 329–379.

— Der Bau der Musc. mucosae des menschlichen Darmes und ein Befund über den Bau seiner Musc. propria. Morph. Jb. Bd. **90** (1951) 33–58.

— Form und Funktion. Deutsche Med. Wochenschr. **83** (1958) 905–911.

Gruby und Delafond: Compt. rend. t. **16** (1843) zit. n. Brücke.

Henle, J.: Handbuch der Eingeweidelehre der Menschen. 2. Aufl. (1873) Braunschweig.

Kölliker, A.: Handbuch der Gewebelehre der Menschen. 5. Aufl. (1867) Leipzig.

Kultschitzky, N.: Beitrag zur Frage über die Verbreitung der glatten Muskulatur in der Dünndarmschleimhaut. Arch. f. mikrosk. Anat. Bd. **31** (1888) 15–22.

Lacauchie: Compt. rend. de l'Acad. d. Paris T. 16 (1843) zit. n. Brücke.

Langecker, H., P. Mahler und Nonnenbruch, W.: Arbeiten über die Physiologie und Pathologie des Dünndarmes. 4. Mitteilg. Pharmk. Unters. an d. Musc. mucosae d. Dünnd. Z. f. experiment. Med. Bd. **85** (1932) 102–111.

Lenz, H.: Die Peristaltik des Dünndarmes im Röntgen-Kinobild. Fortschr. auf d. Gebiete d. Röntgenstrahlen u. d. Nuklearmedizin. Bd. **91/3** (1959) 287–298.

— Die Pendelbewegungen des Dünndarmes im Röntgen-Kinobild. Fortschr. auf d. Gebiete d. Röntgenstrahlen u. d. Nuklearmedizin. Bd. **92/3** (1960) 301–307.

Lipsky, A.: Beiträge zur Kenntnis des feineren Baus des Darmkanals. Sitzungsber. d. K. Wiener Akad. d. Wiss. Bd. **55** Abt. 1 (1867) 183–192.

Mall, J. P.: Die Blut- und Lymphwege im Dünndarm des Hundes. Abhandl. d. k.-sächs. Gesellsch. d. Wiss. Bd. **24** (1888) 151–200.

Sekundärbündel und strahlen wieder in die ursprüngliche Richtung ein. Abgesehen von den Gefäßeintrittszonen können sie auch an anderen Stellen der ventralen Achillessehnenseite nachgewiesen werden. Im Bereiche der distalsten 2 cm zeigt sich regelmäßig ein starkes Fasergeflecht um die Gefäßeintritte. Beim Neugeborenen und 1jährigen waren diese Faserzüge nicht deutlich angelegt.

Tabelle 3

Gesamtgefäßquerschnitt der in die ventrale Achillessehnenseite eintretenden Arterien in einander folgenden Abschnitten von jeweils 0,5 cm Sehnenlänge, am Calcaneus beginnend, in relativen Flächeneinheiten mit gleichzeitiger Angabe der Zahl der Gefäßeintritte je Sehnenabschnitt von 0,5 cm.

1 relative Flächeneinheit = 1/1600 mm²

Sehne	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0 cm
I. Neugeborenes	12	10	8											GE
rechts, weiblich	19,8	9,6	13,5											FE
II. 1 Jahr	12	7	6	7	6	3								GE
rechts, männlich	25,5	4,7	2,3	10,4	10,8	2,2								FE
III. 20 Jahre	11	7	5	4	6	4	3	1	4	4	2	4	3	1 GE
links, männlich	235,5	61,6	33,0	15,9	30,6	21,2	35,3	0,8	3,1	18,1	20,4	15,1	2,4	0,8FE
IV. 36 Jahre	4	7	7	3	3	5	1							GE
links, weiblich	64,4	29,1	33,6	13,1	7,1	26,6	7,1							FE
V. 37 Jahre	8	11	3	6	8	4	4	6	3					GE
rechts, männlich	113,0	59,7	42,4	59,7	44,0	28,3	17,3	29,8	7,1					FE
VI. 37 Jahre	9	8	9	8	6	9	4							GE
links, männlich	87,1	59,9	49,5	43,4	74,0	36,0	8,8							FE
VII. 53 Jahre	2*	6	7	11	5	7	2	10	5	7	16	3		GE
links, männlich	26,7	34,5	35,3	63,6	12,6	36,1	7,9	28,3	18,1	25,1	19,6	7,1		FE
VIII. 53 Jahre	2*	8	6	8	13	5	11	5	9	7	5	5	2	1 GE
rechts, männlich	3,9	67,5	13,3	77,7	60,4	3,9	37,9	17,5	58,3	9,4	36,9	12,6	2,6	12,6FE
IX. 59 Jahre	4	5	3	5	6	4	10	8	8	8	3	5	6	4 GE
links, männlich	51,8	20,4	4,7	50,4	63,8	7,1	40,2	34,1	26,9	15,1	3,3	3,9	15,7	5,5FE
X. 79 Jahre	2*	3	1	4	6	4	3	3	1	1	—	—	2	GE
links, weiblich	6,3	9,8	0,8	4,1	9,0	2,6	1,8	2,4	3,1	0,2	—	—	5,7	FE

* = Präparate ohne Calcaneus; der arterielle Gesamtgefäßquerschnitt und die Zahl der eintretenden Gefäße sind im distalsten Sehnenabschnitt nur fehlerhaft zu ermitteln, da durch das Abpräparieren des Calcaneus eine Anzahl von eintretenden Gefäßen in diesem Bereich abgerissen wurden.

GE = Gefäßeintritte FE = relative Flächeneinheiten

In Tabelle 3 sind die arteriellen Gefäßeintritte und deren Gesamtgefäßquerschnitt in jeweils 0,5 cm langen Sehnenabschnitt angegeben. Die einzelnen Sehnenabschnitte von jeweils 0,5 cm beginnen an der Calcaneus-Sehnengrenze und wurden nach proximal untersucht, bis sie vom Muskelfleisch des M. soleus unterlagert waren. Die relativen Flächeneinheiten

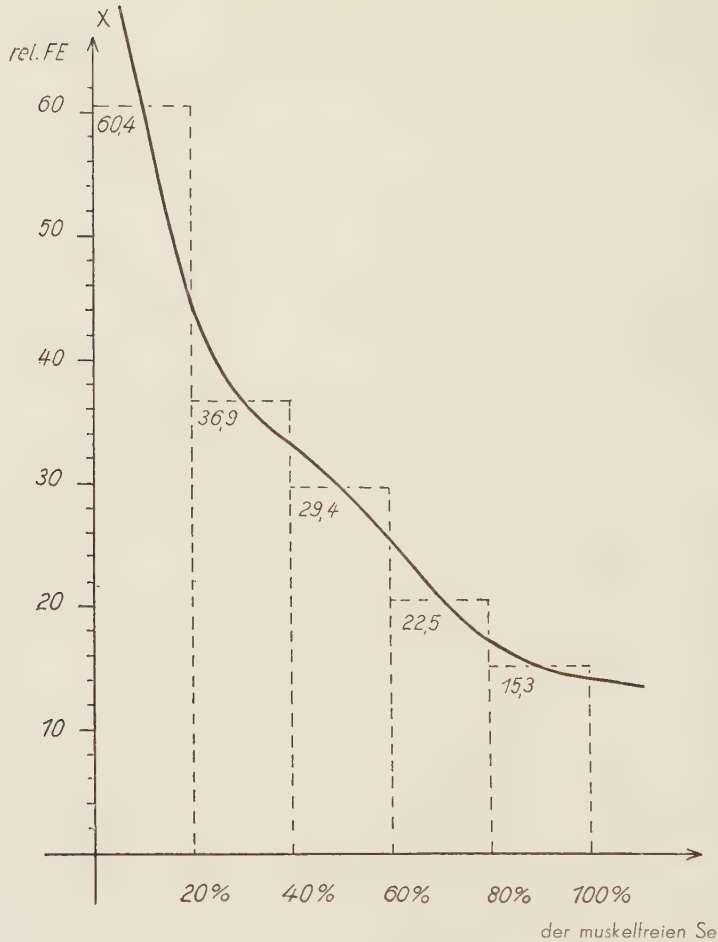

Abb. 6. Zusammenfassende Darstellung des Gesamtgefäßquerschnittes der ventral in die Achillessehne eintretenden Gefäße je 0,5 cm langen Sehnenabschnitt, am Calcaneus beginnend. Die Länge der muskelfreien Sehne = 100 %.
X = rel. FE der eintretenden Gefäße sind im distalsten Sehnenabschnitt ungenau, da einige Sehnen ohne Calcaneus herauspräpariert und damit auch eintretende Gefäße in diesem Bereich abgerissen wurden

des Gesamtgefäßquerschnittes der je Sehnenabschnitt eintretenden Gefäße beziehen sich auf Okularmeßeinheiten bei 40facher Lupenvergrößerung, wobei 40 relative Längeneinheiten = 1 mm zu setzen sind. Die absoluten Flächeneinheiten sind auf Quadratmillimeter umzurechnen, 1 relative Flächeneinheit = $^1/_{1600}$ mm².

Die Tabelle zeigt, daß die Gefäße unmittelbar oberhalb des Calcaneus mit einem überraschend großen Gesamtgefäßquerschnitt in die Sehne

eintreten. Bei den Sehnen VII, VIII und X muß beachtet werden, daß durch das Abtrennen der Sehne vom Tuber calcanei im Bereich der ersten 0,5 cm ein Großteil der Gefäße abgerissen wurde, so daß erst in den nächsten Abschnitten das Maximum in der Tabelle erscheint. Nach proximal nimmt der Gesamtgefäßquerschnitt immer mehr ab, bis er auf den proximalen 2 Fünfteln der muskelfreien Achillessehne sein Minimum erreicht. (Siehe Abb. 6, die eine zusammenfassende Darstellung aller Gesamtgefäßquerschnitte der präparierten Erwachsenensehnen gibt.) Die Zahl der Gefäßeintritte scheint weniger altersabhängig als vielmehr individuell unterschiedlich zu sein. Die Gefäßeintritte sind ziemlich gleichmäßig über die Sehne verteilt. Es variieren nicht so sehr die eintretenden Gefäße in ihrer Zahl in den jeweiligen Abschnitten, als vielmehr in ihrem Gesamtquerschnitt. Bei den Sehnen Erwachsener stellen 0,2 mm ein Maximum, 0,013 mm ein Minimum in den Gefäßdicken dar. Die meisten messen zwischen 0,02 und 0,04 mm. Beim Neugeborenen und 1jährigen entsprechen 0,038 bzw. 0,04 mm dem Maximum und 0,006 mm dem Minimum der Gefäßdurchmesser, deren mittlere Häufung hier zwischen 0,013 und 0,025 mm liegt.

II. Dorsale Gefäßeintritte

Ähnlich wie an der Sehnenvorderfläche schräg verlaufende Sehnenfaserzüge zu beobachten waren, so fallen dorsal im muskelunterlagerten und sich verbreiternden Sehnenabschnitt flache Sehnenfaserbündel auf, die ebenfalls in schräger Richtung zur Sehnenlängsachse ihren Verlauf nehmen. Auch sie scheren aus der longitudinalen Faserrichtung der Sehne aus und treten später wieder in den Sehnenverband ein. Diese Sehnenzüge bewirken oft ein scheckiges Aussehen der Sehne.

Untersucht wurde die dorsale Achillessehnenseite von der Calcaneus-Sehnengrenze 10 cm nach proximal.

Die Ergebnisse des Auszählens der dorsalen Gefäßeintritte zeigt Tabelle 4.

Ebenso wie bei den ventralen Gefäßeintritten ist auch bei den dorsalen unmittelbar oberhalb des Calcaneus in der Regel der größte Gesamtgefäßquerschnitt festzustellen. Weiter proximalwärts nimmt er eindeutig ab. Dieser gefäßärmere Bereich ist dabei individuell etwas verschieden, liegt aber bei den meisten Sehnen der Erwachsenen zwischen 2 und 4 cm proximal des Calcaneus. Oberhalb dieses Bereiches nimmt der Gesamtgefäßquerschnitt wieder zu, ohne aber den Ausgangswert unmittelbar oberhalb des Calcaneus nochmals zu erreichen. Er nimmt dann in proximaler Richtung erneut schnell ab. Dieser Befund deckt sich mit dem

makroskopischen Eindruck insofern, als beim Abpräparieren des dorsalen Gleitgewebes von der Achillessehne immer wieder ein besonders schwach ausgeprägtes dorsales Gefäßnetz im Bereich von etwa 2 bis 4 cm oberhalb des Calcaneus zu beobachten war. Eine Ausnahme hiervon macht die Sehne des 59jährigen links, bei der sich erst 6 cm proximal des Calcaneus die Gefäßeintritte und der Gesamtgefäßquerschnitt deutlich vermindern.

Ungenau sind die Zahlen der Sehne III, deren Gefäßeintritte im distalsten Zentimeter wegen starker bindegewebiger Durchflechtung der Sehnenoberfläche nicht eindeutig ausgezählt werden konnten. Die Sehnen VII, VIII und X waren ohne Calcaneus herauspräpariert. An ihnen konnten im distalsten Zentimeter keine zuverlässigen Befunde ermittelt werden.

Tabelle 4

Gesamtgefäßquerschnitt der in die dorsale Achillessehnenseite eintretenden Arterien in einander folgenden Abschnitten von jeweils 1 cm Sehnenlänge, am Calcaneus beginnend, in relativen Flächeneinheiten mit gleichzeitiger Angabe der Zahl der Gefäßeintritte je Sehnenabschnitt von 1 cm.

1 relative Flächeneinheit = 1/1600 mm²

Sehne	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0	9,0	10,0 cm	
I. Neugeborenes	23	23	6								Gefäßeintr.
rechts, weibl.	6,2	7,4	1,8								relative FE
II. 1 Jahr	12	13	12	12	3						Gefäßeintr.
rechts, männl.	8,2	4,7	5,1	2,8	0,6						relative FE
III. 20 Jahre	2°	10	7	6	4	7	9	9	8	8	Gefäßeintr.
links, männl.	6,3	10,2	3,7	2,4	3,0	3,7	6,1	5,1	10,2	5,9	relative FE
IV. 36 Jahre	19	15	13	12	15	8	12	5	4	2	Gefäßeintr.
links, weibl.	56,5	14,1	12,0	7,1	8,8	6,3	15,7	3,9	5,5	1,6	relative FE
V. 37 Jahre	20	15	10	14	11	4	3	4	5	5	Gefäßeintr.
rechts, männl.	27,5	16,5	15,0	19,0	26,7	5,0	1,8	1,4	2,7	2,2	relative FE
VI. 37 Jahre	15	15	10	9	15	8	13	9	7	2	Gefäßeintr.
links, männl.	32,0	10,6	13,0	8,4	21,8	5,1	7,3	4,1	5,9	1,0	relative FE
VII. 53 Jahre	—*	5	3	8	18	14	27	13	4	2	Gefäßeintr.
links, männl.	—	8,6	2,4	8,6	28,3	22,8	35,3	12,6	3,1	1,6	relative FE
VIII. 53 Jahre	10*	13	4	6	10	5	15	14	9	1	Gefäßeintr.
rechts, männl.	24,7	28,7	8,8	7,5	8,8	3,9	6,9	7,5	12,8	0,8	relative FE
IX. 59 Jahre	15	16	25	21	14	15	9	—	—	—	Gefäßeintr.
links, männl.	74,4	32,6	71,8	34,0	34,0	8,8	6,7	—	—	—	relative FE
X. 79 Jahre	2*	—	—	1	3	1	1	—	—	1	Gefäßeintr.
links, weibl.	1,6	—	—	0,8	2,7	0,8	0,2	—	—	3,1	relative FE

* = Präparate ohne Calcaneus.

° = distalster Zentimeter, auf dem die arteriellen Gefäßeintritte wegen starker bindegewebiger Verflechtung nicht zuverlässig ausgezählt werden konnten.

6. Der venöse Abfluß aus der Achillessehne

Die Venen verlaufen bei makroskopischer und Lupenbetrachtung ebenso wie die Arterien und bilden ähnliche Gefäßnetze. Auf der dorsalen Achillessehnenseite begleiten meist 2 Venen eine Arterie, während ventral häufig nur eine Begleitvene anzutreffen ist.

c) Histologische Befunde an nichtinjizierten Gefäßen, die zur ventralen Achillessehnenseite ziehen

An den histologischen Präparaten konnten weder im distalen noch im mittleren oder proximalen Bereich der arteriellen und venösen Ver-

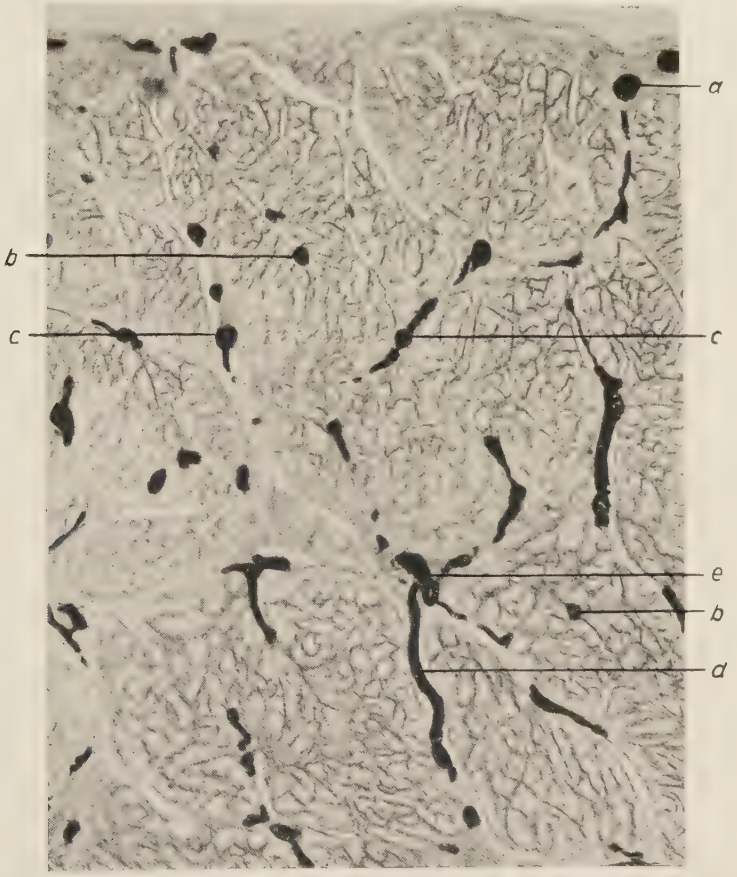

Abb. 7. Übersichtsbild der Gefäßanordnung innerhalb der Sehne eines weiblichen Neugeborenen, 0,5 bis 1 cm proximal des Calcaneus. Tuscheinjektion, Schnittdicke 40 μ, Hämalaunfärbung, 72fache Vergrößerung.

a) Gefäß im Epitenon, b) Gefäße innerhalb von Sehnenfaserbündeln, c) Gefäße in von Sehnenfaserbündeln gebildeten und mit Bindegewebe ausgefüllten Zwickeln, d) querverbindendes Gefäß, e) Bindegewebsstraße mit Gefäßen

sorgung der ventralen Achillessehnenseite an den Gefäßen irgendwelche degenerativen Intimaveränderungen oder Hyalinisierungen beobachtet werden. Der Wandbau der Gefäße zeigte keine Besonderheiten. Die Zellkerne ließen sich stets deutlich darstellen.

d) Gefäßverlauf und Anzahl der Gefäße innerhalb der Sehne

Den Gefäßverlauf innerhalb der Sehne macht die Abbildung 7 anschaulich. Die meisten Gefäße erscheinen auf dem Transversalschnitt quer getroffen. Sie liegen entweder innerhalb von Sehnenfaserbündeln oder in den von diesen gebildeten und mit Bindegewebe ausgefüllten Zwickeln.

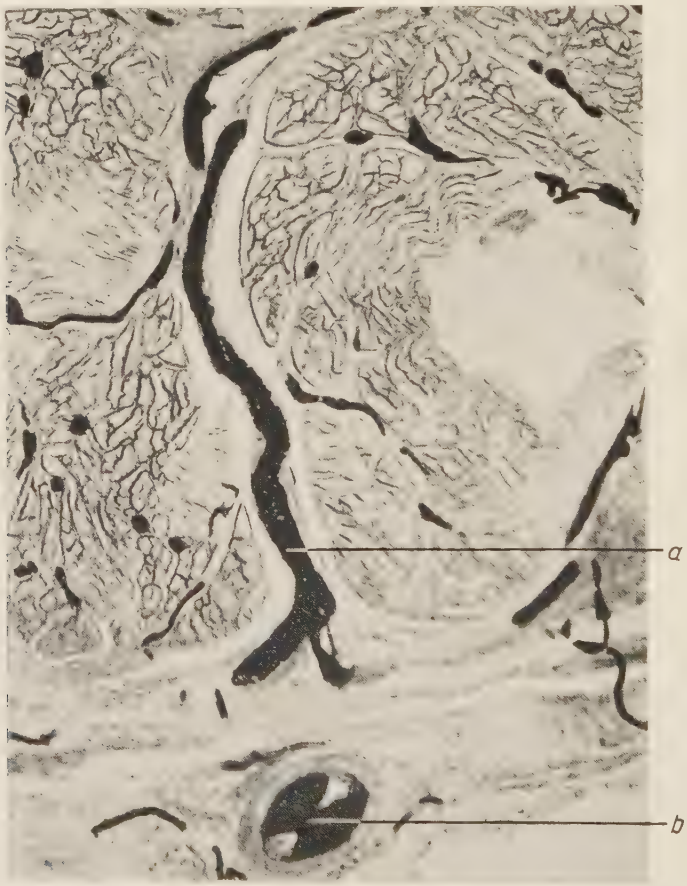

Abb. 8. Von ventral in die Sehne eintretendes Gefäß, 0,5 bis 1 cm proximal des Calcaneus. Weibliches Neugeborenes links, Tuscheinjektion, Schnittdicke 40 μ, Hämalaunfärbung, 70fache Vergrößerung.
a) eintretendes Gefäß mit langem, querem Verlauf, b) großes Gefäß des ventralen Gefäßnetzes

Die Gefäße sind in der Sehne der Länge nach orientiert und stehen durch kurze quer verlaufende Äste untereinander in Verbindung. Auf Abbildung 8 ist ein in die Sehne eintretendes Gefäß zu sehen. Die eingangs schon erwähnten Bindegewebsstraßen führen mehrere größere Gefäße zusammen mit Nerven. Die Bindegewebsstraßen sind distal, besonders in unmittelbarer Nähe des Calcaneus häufig und deutlich ausgebildet. Sie füllen die durch das Auseinanderweichen der Sehnenfasern knapp oberhalb ihrer Insertion am Calcaneus entstehenden Hohlräume aus. Nach proximal werden die Bindegewebsstraßen spärlicher. Ihr Volumen und Gefäßreichtum nehmen ab. Etwas unterhalb des muskelunterlagerten Sehnenabschnittes können sie nochmals deutlicher in Erscheinung treten.

Über die Anzahl der Gefäße innerhalb der Sehne gibt die Tabelle 5 Aufschluß. Zu ihrer Erklärung: Die Zahlenkolonnen geben die Häufigkeit der Gefäße je Gesichtsfeld bei 200facher Vergrößerung an, wobei von jeweils 10 am Rande und 10 in der Mitte des Sehnenquerschnittes ausgezählten Gesichtsfeldern das Mittel bestimmt wurde. Die erste waagerechte Zeile einer jeden Sehnenrubrik gibt über die ausgezählten größeren Gefäße, das sind Arterien, Arteriolen, Venen und Venulen, in den Randbezirken der Sehne im jeweiligen Sehnenabschnitt Auskunft, die zweite über die Kapillaren der Randzonen, die dritte über die größeren Gefäße der Sehnenmitte, die vierte über die Kapillaren der Sehnenmitte und die fünfte über die Anzahl größerer Gefäße in den Bindegewebsstraßen. Die Gefäße der Neugeborenensehne wurden nicht in kapillare und größere Gefäße geschieden.

Auffallend zahlreiche und gleichmäßig über die einzelnen Sehnenabschnitte verteilte Gefäße weist die Neugeborenensehne auf. An der Sehne des 1jährigen und noch deutlicher an den Sehnen der Erwachsenen nimmt die Gefäßzahl je Gesichtsfeld ab. Außerdem zeigen sich bei den letzteren gefäßärmere Zonen.

Tabelle 5

Gefäße je Gesichtsfeld innerhalb der Sehne bei 200facher Vergrößerung

Sehne	Sehnenlänge	-1–-0,5	-0,5—0	0—0,5	0,5–1	1—1,5	1,5—2	2—2,5	2,5—3 cm	
I.		6,3	14,6	10,1	16,7	13,7	15,9	7,0		Rand
Neugeborenes	1,8 cm	—	10,5	12,5	15,6	15,5	16,6	9,1		Mitte
weibl., links		—	—	6,5	7,3	—	—	—		Bdgstr.
II.			0,6	0,8	0,3	0,2	0,5	0,3	0,2	Rand
1. Jahr	2,6 cm		2,7	2,8	2,2	1,8	2,2	1,0	1,8	Rand
männl., rechts			1,8	0,5	0,5	0,6	0.7	0,4	0,2	Mitte
			4,0	3,3	1,6	1,7	2,5	2,4	1,8	Mitte
				2,0	3,0	2,0	—	—	—	Bdgstr.

		- 1-0	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11 cm	
			0,9	0,2	0,3	0,5	0,7	0,4						Rand
III.			1,5	2,2	1,8	1,9	2,0	1,2						Rand
19 Jahre	4,7 cm		1,0	0,2	0,6	0,5	0,7	0,6						Mitte
weibl., rechts			1,6	2,0	1,8	1,5	1,9	0,9						Mitte
			3,0	3,0	3,0	2,5	—	3,0						Bdgstr.
			1,3	0,7	0,4	1,6	0,9							Rand
IV.			3,3	1,5	1,3	2,0	1,7							Rand
20 Jahre	4,4 cm		1,9	1,3	0,4	1,5	1,1							Mitte
männl., links			1,8	2,3	1,0	1,8	2,1							Mitte
			10,8	4,0	3,3	7,8	6,0							Bdgstr.
			1,4	1,0	1,2	1,4	0,8	1,1	0,8	0,8	0,3			Rand
V.			1,9	2,2	1,9	1,8	1,4	1,8	0,9	1,1	0,8			Rand
27 Jahre	7,8 cm		1,9	1,1	1,1	0,9	0,8	0,8	0,7	0,9	1,1			Mitte
männl., rechts			1,9	1,2	1,6	1,6	1,7	2,1	2,2	2,1	1,8			Mitte
			9,0	6,5	5,0	6,3	4,3	5,0	2,5	4,8	3,5			Bdgstr.
			1,0	0,9	0,7	0,5	0,5	0,6						Rand
VI.			2,1	2,4	1,8	1,8	1,4	2,1						Rand
28 Jahre	5,4 cm		1,9	1,4	1,0	0,8	1,0	0,9						Mitte
männl., rechts			2,2	2,5	2,3	1,7	1,4	3,1						Mitte
			6,8	4,8	4,5	4,8	3,0	4,3						Bdgstr.
		0,7	1,3	0,2	0,1	0,1	0,2	0,5						Rand
VII.		1,4	2,5	1,8	2,2	1,7	1,5	1,8						Rand
35 Jahre	4,8 cm	0,6	1,3	0,4	0,1	0,4	0,5	1,0						Mitte
weibl., rechts		2,0	3,4	2,1	1,6	2,1	3,3	3,3						Mitte
		—	6,3	4,3	2,3	2,0	—	—						Bdgstr.
			1,7	0,8	0,4	0,2	0,4	0,6						Rand
VIII.			2,0	1,3	1,2	0,9	1,5	1,3						Rand
40 Jahre	4,8 cm		1,6	1,0	0,8	0,5	0,4	0,5						Mitte
weibl., links			1,6	1,3	1,1	0,7	1,9	1,6						Mitte
			4,8	—	—	—	—	—						Bdgstr.
			0,6	0,7	0,2	0,2	0,6	0,2						Rand
IX.			1,1	1,3	1,7	1,0	1,1	0,4						Rand
53 Jahre	4,5 cm		0,6	0,5	0,3	0,7	0,7	0,6						Mitte
weibl., links			1,3	1,0	1,1	1,0	1,3	1,2						Mitte
			3,0	2,0	1,8	2,5	2,0	2,5						Bdgstr.
			0,9	1,4	1,0	0,6	0,5	0,2	0,3	0,4	0,4	0,6	0,4	Rand
X.			2,3	2,8	3,2	2,0	1,8	1,7	1,6	2,2	1,4	1,3	0,9	Rand
56 Jahre	11,0 cm		2,2	1,8	1,5	0,6	1,0	0,6	0,6	1,2	2,1	1,4	1,1	Mitte
männl., rechts			3,1	3,3	3,1	2,1	1,7	1,8	1,7	1,3	3,0	1,5	1,6	Mitte
			6,0	6,1	5,8	5,5	5,3	4,3	5,0	2,5	5,2	4,0	—	Bdgstr.
		0,5	0,8	0,4	0,2	0,4	0,2	0,3						Rand
XI.		0,2	0,8	0,4	0,4	0,6	1,5	0,1						Rand
65 Jahre	5,3 cm	0,4	0,4	0,2	0,4	0,4	0,5	0,3						Mitte
männl., rechts		0,5	0,7	0,3	0,7	1,9	1,2	0,4						Mitte
		3,5	2,8	2,0	2,5	3,3	3,0	3,0						Bdgstr.
			1,3	0,6	0,5	0,1	0,7	0,5						Rand
XII.			1,8	1,1	1,0	1,1	1,2	0,7						Rand
75 Jahre	5,1 cm		1,7	0,7	0,7	0,4	1,3	0,6						Mitte
weibl., links			1,5	1,5	1,2	1,1	1,4	1,0						Mitte
			12,5	5,2	4,5	2,8	4,0	3,3						Bdgstr

Sehnen I und VII sind mit Tusche injiziert. Bdgstr. = Bindegewebsstraßen.

Die größeren Gefäße und auch die Kapillaren werden in der Regel im Bereich von 2 bis 4 oder 3 bis 5 cm proximal des Calcaneus sowohl in der Sehnenmitte als auch in den Randzonen spärlicher. Lediglich in der Sehne des 65jährigen Mannes rechts ist der gefäßärmere Bereich bereits 1 bis 3 cm oberhalb des Calcaneus, während in der 11 cm langen Sehne des 56jährigen Mannes rechts die gefäßärmere Zone 5 bis 7 cm proximal des

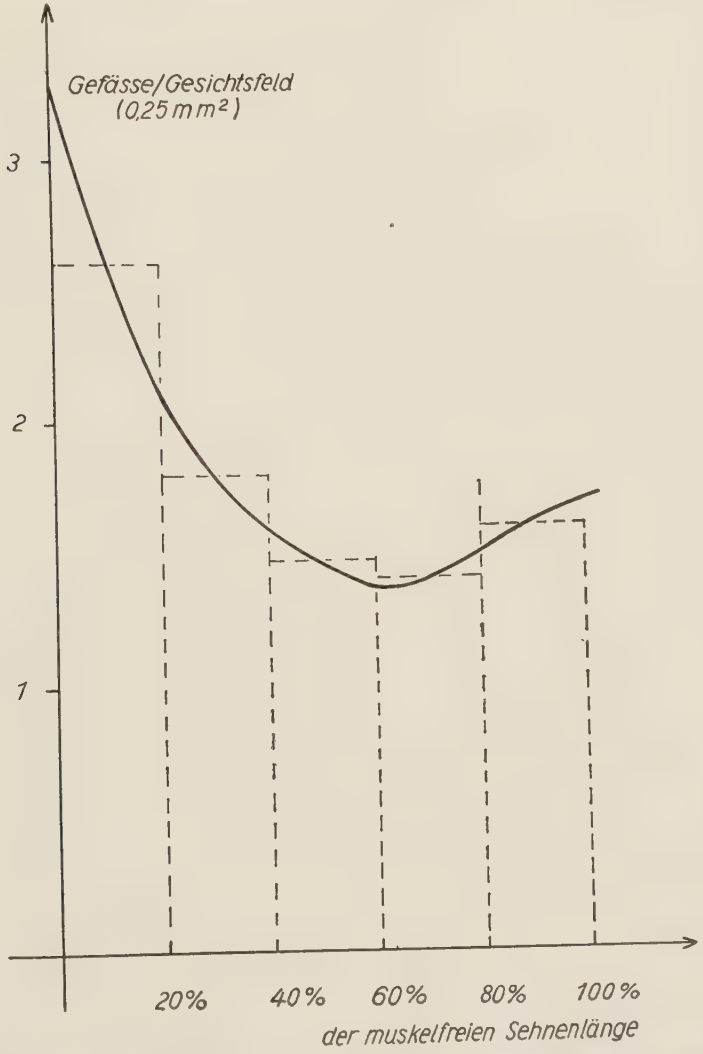

Abb. 9. Zusammenfassende Darstellung der Anzahl auf Horizontalschnitten im Sehneninneren getroffener Gefäße je Gesichtsfeld bei 200facher Vergrößerung, in einanderfolgenden Abständen von 1 cm Sehnenlänge, am Calcaneus beginnend. Die Länge der muskelfreien Sehne = 100 %

Calcaneus liegt. Oberhalb dieser gefäßarmen Zone der Sehnen werden die Gefäße je Gesichtsfeld wieder zahlreicher, ohne jedoch in der Regel die Gefäßdichte des distalen Abschnittes oberhalb des Calcaneus nochmals zu erreichen. Hervorgehoben sei, daß die distalsten Abschnitte die größte Gefäßdichte aufweisen. Siehe Abb. 9, die eine zusammenfassende Darstellung der Gefäße je Gesichtsfeld im Bereich der muskelfreien Achillessehne gibt.

Eine Gefäßverarmung mit zunehmendem Alter ist nicht eindeutig. Vielmehr scheint die Gefäßzahl von Individuum zu Individuum verschieden zu sein. Auch Geschlechtsabhängigkeit oder Seitenverschiedenheit sind nicht festzustellen.

Sehnenmitte und Sehnenrandbezirke besitzen gleich viele Gefäße je Gesichtsfeld.

In der Ansatzzone der Achillessehne am Calcaneus sind die Gefäße je Gesichtsfeld weniger zahlreich, siehe Sehnen VII und XI, als im ersten Sehnenabschnitt proximal des Calcaneus.

D. Diskussion der Befunde

Die Befunde über die in die muskelfreie Achillessehne ventral und dorsal eintretenden Gefäße und die Befunde über den Gefäßverlauf im Sehneninneren stimmen weitgehend überein. Der Gesamtgefäßquerschnitt der in die Sehne eintretenden Gefäße und die Anzahl der Gefäße je Gesichtsfeld innerhalb der Sehne sind in der Regel unmittelbar proximal des Calcaneus am größten. Der Gesamtgefäßquerschnitt der eintretenden Gefäße wird in den proximalen 2 Fünfteln der muskelfreien Sehne am geringsten, siehe Abb. 6. Die gefäßarme Zone im Sehneninneren liegt— wird die muskelfreie Sehnenlänge mit 100% angenommen— zwischen 40 und 80% (Abb. 9). Daß die Zonen des geringsten Gesamtgefäßquerschnittes der eintretenden Gefäße und der kleinsten Anzahl von Gefäßen je Gesichtsfeld nicht in gleicher Höhe liegen, erklärt sich daraus, daß proximal das Sehneninnere auch Gefäßäste aus dem M. soleus erhält. Bei normal langen (4,5 bis 6 cm) Achillessehnen wird also der gefäßärmere Bereich zwischen 2 und 4 bzw. zwischen 3 und 5 cm proximal des Calcaneus angetroffen.

Auffallend war, daß die Sehnenabschnitte, die sich mit dem Gefriermikrotom schlecht schneiden ließen, später bei der mikroskopischen Untersuchung auch eine besonders spärliche Gefäßversorgung aufwiesen. Am deutlichsten war dies beim Schneiden der Sehne des 65jährigen.

Die Angaben von Arai über den Gefäßverlauf innerhalb der Achillessehne und seine Abbildungen aus dem Jahre 1907 können bestätigt werden, siehe Abbildung 7 und 8. Danach sind die Gefäße longitudinal angeordnet und stehen untereinander durch quere Äste in Verbindung. Die in die Achillessehne eindringenden Gefäße teilen sich in einen proximalen und distalen Ast. Die Gefäßsysteme der einzelnen in die Sehne eintretenden Arterien stehen untereinander in Verbindung. In der Sehnenansatzzone bilden die Kapillaren Schlingen. Im muskelunterlagerten Sehnenteil vereinigen sich die Sehnengefäße mit solchen, die aus dem Muskelfleisch stammen. Die Venen verhalten sich, was ihren Verlauf anbetrifft, wie die Arterien. Rau nimmt an, daß die Sehnen bis ungefähr zum 25. Lebensjahr im allgemeinen eine doppelte Gefäßversorgung hätten: eine „innere" von Arterien aus, welche im Innern der Sehne in der Längsrichtung verliefe, und eine „äußere" von den Gefäßnetzen des Peritenonium externum aus. Beide könnten miteinander anastomosieren. Bei Personen über etwa 30 Jahre erhielte die Sehne nur wenige kurze, perforierende Blutgefäße von dem sie umhüllenden Bindegewebe (Peritenonium externum), während das Innere der Sehne gefäßarm sei. Dieser Annahme stehen die Ergebnisse der Tabelle 5 gegeüber. Die Gesichtsfelder der Randzonen und Sehnenmitte lassen keine Unterschiede in der Häufigkeit der Gefäße je Gesichtsfeld erkennen. Ebenso wurde schon darauf hingewiesen, daß die Gefäßversorgung der Achillessehne weniger vom Alter abhängig, als vielmehr individuell verschieden zu sein scheint. Außerdem darf angenommen werden, daß schon im ersten Lebensjahr das Verhältnis der Gefäße zum Sehnengewebe sich entscheidend zugunsten des letzteren ändert.

Bei der angewandten Methode fielen weder während des Schneidens der Präparate noch beim Betrachten mikroskopischer Schnitte Nekrosen oder sonstige pathologische Besonderheiten an den Achillessehnen auf. Wenn ein vascularisiertes Gewebe keine Nekrosen aufweist und normale Struktur zeigt, darf eine ausreichende Gefäßversorgung angenommen werden. Es muß also auch innerhalb der gefäßarmen Zonen der Sehnen noch ein genügender Stoffaustausch stattfinden. Es fragt sich, wie weit dürfen die einzelnen Kapillaren voneinander entfernt sein, um das dazwischenliegende Gewebe noch ernähren zu können. Dieser Wert wurde von O. Warburg als kritische Schnittdicke bezeichnet. (Diskussion hierzu, siehe Lang 1961).

Ein Gesichtsfeld bei 200facher Vergrößerung entspricht einer Fläche von 0,237 mm^2, rund 0,25 mm^2. Der mittlere Kapillarabstand der Er-

wachsenensehnen läßt sich nach folgender Formel, die ich Herrn Dr. Hennig verdanke, errechnen:

$$a = \sqrt{\frac{2}{n\sqrt{3}}}$$

wobei a = mittlerer Abstand in Millimeter und n = Anzahl der Kapillaren je Quadratmillimeter. Danach ergibt sich in den Sehnen des Erwachsenen als größter Abstand zweier Kapillaren voneinander eine Entfernung von 980 μ, bei 0,3 Kapillaren je Gesichtsfeld und als geringster Abstand zweier Kapillaren voneinander eine Entfernung von 290 μ, bei 3,4 Kapillaren je Gesichtsfeld. In der Neugeborenensehne, deren Gefäße nicht in Kapillaren und größere Gefäße geschieden wurden, entspräche der größte Abstand zweier Gefäße 200 μ und der geringste 130 μ.

Im distalen, ventralen Drittel der muskelfreien Achillessehne sind die Arkadenbildungen der zuführenden Gefäße kürzer als in den proximalen 2 Dritteln und annähernd senkrecht zur Sehne eingestellt. Vermutlich ist für die Ausformung des Gefäßsystems die Sehnenfunktion entscheidend. Besonders auf die Befestigung der Achillessehne am Calcaneus und die Sehnenform während des Bewegungsablaufes soll näher eingegangen werden. Etwa von der distalen Hälfte der ventralen Achillessehnenseite ziehen calcaneuswärts straffe, umeinander torquierte Bindegewebsstränge zum tiefen Blatt der Fascia cruris und zum Tuber calcanei. Zwischen den derben Bindegewebszügen, die kleine Abkammerungen bilden, liegt Fett eingelagert. Die Bindegewebszüge fixieren den distalen Sehnenteil nach ventral und können vermutlich bei Plantarflexion ein zu starkes Abknicken des Sehnenansatzes am Calcaneus verhindern. Der distale Achillessehnenabschnitt wird daher beim Bewegungsablauf relativ starr bleiben. Diese Annahme erklärt auch den zur Achillessehne mehr senkrechten Gefäßverlauf im distalen Sehnendrittel sowie das Fehlen von Gefäßreservelängen. In den proximalen 2 Dritteln der Sehne sind auf der ventralen Sehnenseite regelmäßig Reserveschlingen zu finden. Im distalen Bereich müssen die Gefäße keine größeren Bewegungen mitmachen. Die seit langem bekannte und beschriebene Antekurvatur der Achillessehne (G. Mollier) läßt sich am besten durch den Bewegungsablauf bei Plantar- und Dorsalflexion erklären. Das Tuber calcanei wirkt bei Bewegungen im oberen Sprunggelenk wie ein langer Hebel (Athabegian): Bei Plantarflexion wird es der Tibia genähert, bei Dorsalflexion entfernt es sich von ihr. Diesen verhältnismäßig weiten Weg muß die Achillessehne mit ihrem Ansatz mitmachen. Da durch die Sehneninsertion am Tuber calcanei und M. triceps surae keine Gerade gelegt werden kann, die

beiden Zugrichtungen gerecht werden könnte, muß zwangsläufig die Sehne als Bindeglied zwischen Muskel und Knochen (G. Mollier) einen gebogenen Verlauf nehmen. Entsprechend dem Bewegungsablauf wird diese Antekurvatur bei Plantarflexion zu-, bei Dorsalflexion abnehmen. Nach ventral wird die Achillessehne in ihren proximalen 2 Dritteln durch einen Fettkörper gegen die tiefen Beuger abgestützt, der wie ein Kissen zwischen dem tiefen Blatt der Fascia cruris und der Sehne liegt und bei Plantarflexion eine Pufferwirkung hat. In diesem Bereich verlagert sich die Sehne bei Bewegung am ausgiebigsten. Vermutlich ist deshalb das hier der Sehne ventral aufliegende Gefäßnetz flach angeordnet und besitzt außerdem deutliche Reservelängen. Einerseits sind also durch zusätzliche Verspannung der Sehne am Calcaneus mittels Bindegewebszügen, Fettkörper und oberflächliches Blatt der Fascia cruris Hilfsmittel gegeben, die Sehnenkrümmung möglichst allmählich und kontinuierlich ablaufen zu lassen, andererseits ist zu erkennen, daß die Anordnung der Sehnengefäße sich dem Bewegungsablauf sinnvoll anpaßt.

Abschließend soll auf die Achillessehnenrisse eingegangen werden. Nach den Gefäßstudien an der Sehne ist sichergestellt, daß bei den Sehnen Erwachsener ein von der muskelfreien Sehnenlänge abhängiger Bezirk spärlicher Gefäße besitzt und deshalb auch weniger durchblutet ist. Es ist anzunehmen, daß die spärlichere Durchblutung bei Überbeanspruchung der Achillessehne, wie etwa beim Leistungssport der Sprinter, Tennisspieler, Skiläufer usw., zur Mangeldurchblutung wird. Das Sehnengewebe könnte unserer Meinung nach im betreffenden Abschnitt nicht mehr ausreichend ernährt werden. Möglicherweise entwickeln sich in den schlecht vascularisierten Zonen allmählich Degenerationsherde. So betrachtet, wird die Achillessehne mitunter auch bei normaler Beanspruchung im gefäßarmen Bezirk reißen. Der gefäßärmere Abschnitt ist an den Erwachsenensehnen von 4,5 bis 6 cm Länge in der Regel zwischen 2 bis 4 oder 3 bis 5 cm, selten bereits 1 bis 2 cm proximal des Calcaneus. Bei extrem langen Sehnen kann er auch noch 5 bis 7 cm proximal des Calcaneus angetroffen werden. Diese Befunde stimmten auch mit den Ergebnissen Schönbauers überein, der den typischen Achillessehnenriss 3 bis 5 cm proximal des Calcaneus angibt.

E. Zusammenfassung der Ergebnisse

1. Länge und Breite der Achillessehnen variieren erheblich, siehe Tabelle 1 und 2.
2. Die Achillessehne erhält ihre Gefäße hauptsächlich aus Ästen der A. peronaea und weniger zahlreich aus der A. tibialis post.

3. Die aus der A. peronaea und der A. tibialis post. zur Achillessehne ziehenden Äste werden als zuführende Hauptgefäße bezeichnet. Sie bilden auf der Sehnenvorderseite ein dichtes und gut darstellbares Gefäßnetz, das sowohl den der Achillessehne aufliegenden Fettkörper versorgt als auch in die Sehnenvorderseite hinein kurze Äste abgibt. Von dem ventralen Gefäßnetz ausgehend umgreifen Gefäße fibular und tibial die Sehnenkanten und beteiligen sich am Aufbau des der dorsalen Sehnenseite aufliegenden Gefäßnetzes. Schließlich ziehen von den Arterien und Venen des dorsalen Gleitgewebes kurze Äste in das dorsale Gefäßnetz ein. Häufig verbindet eine wechselnd stark ausgebildete Anastomose die A. peronaea und die A. tibialis post. Sie verläuft unmittelbar oberhalb des Calcaneus, entlang der Basis der Synovialfalte der Bursa synovialis subachillea, und versorgt sowohl die Falte als auch die Achillessehne. Der ventralen Anastomose zwischen den beiden Arterien entspricht dorsal ein Gegenstück, so daß häufig ein regelrechtes Ringgefäß um die Sehne herum entsteht.

4. In den proximalen 2 Dritteln der muskelfreien Achillessehne ist das Gefäßnetz flach angeordnet, es liegt im Fettkörper der Sehnenvorderfläche auf. Die Längsrichtung der Maschen überwiegt. Die Verlaufsrichtung der Gefäße im distalen Drittel ist vorwiegend senkrecht zur Sehne eingestellt. Das Gefäßnetz ist distal mehr quer ausgerichtet. Hier fehlen Reservelängen der Gefäße, wie sie im proximalen Sehnenabschnitt vorkommen.

5. Die Maschenweite des dorsalen Gefäßnetzes nimmt in vertikaler Richtung von proximal nach distal ab. In horizontaler Richtung wird sie 2 bis 5 cm proximal des Calcaneus am engsten. Jedoch sind die Gefäße dieses Abschnittes am dünnsten. Über der Sehneninsertion am Calcaneus finden sich besonders starke Gefäße.

6. Unmittelbar proximal des Calcaneus treten ventral die Gefäße mit einem überraschend großen arteriellen Gesamtgefäßquerschnitt in die Sehne ein, siehe Tabelle 3. Das Minimum des Gesamtgefäßquerschnittes der eintretenden Gefäße liegt bei den Erwachsenensehnen im Bereich der proximalen 2 Fünftel der muskelfreien Sehne, normalerweise zwischen 2 und 4 bzw. zwischen 3 und 5 cm oberhalb des Calcaneus. Berücksichtigt werden müssen hierbei die verschiedenen Sehnenlängen, siehe Tabelle 1. Es variiert nicht so sehr die Zahl der eintretenden Gefäße als vielmehr ihr Gesamtquerschnitt je Sehnenabschnitt. Als Gesamtgefäßquerschnitt werden alle Gefäßquerschnitte je Sehnenabschnitt von 0,5 cm Länge zusammenaddiert bezeichnet.

7. Der Gesamtgefäßquerschnitt der dorsal in die Achillessehne eintretenden Gefäße hat in der Regel ebenfalls unmittelbar proximal des Calcaneus sein Maximum und im Bereich von 2 bis 4 cm oberhalb des Calcaneus sein Minimum bei den Erwachsenensehnen.
8. Die Venen verlaufen wie die Arterien.
9. Histologische Schnitte von zur Achillessehne ziehenden Gefäßen zeigten keine pathologischen Veränderungen.
10. Die Gefäße im Sehneninneren sind längsorientiert und stehen untereinander durch quere Anastomosen in Verbindung. Ihren Zufluß erhalten sie aus den ventralen und dorsalen Gefäßeintritten und im muskelunterlagerten Sehnenabschnitt auch aus Muskelgefäßen. Die Gefäße verlaufen entweder in sogenannten Bindegewebsstraßen, die besonders calcaneusnah zahlreich angelegt sind, oder in von Sehnenfaserbündeln gebildeten, mit Bindegewebe ausgefüllten Zwickeln. Auch innerhalb von Sehnenfaserbündeln kommen Gefäße vor. Innerhalb der Sehne ist die Vascularisation unmittelbar proximal des Calcaneus am ausgiebigsten. Im Bereich von 2 bis 5 cm proximal des Calcaneus ist eine Gefäßverarmung festzustellen. Oberhalb des gefäßärmeren Bereiches werden je Gesichtsfeld wieder mehr Gefäßquerschnitte angetroffen, in der Regel jedoch nicht mehr so viele wie im calcaneusnahen Bereich.
    Die Sehnenrandzonen und die Sehnenmitte besitzen gleich viele Gefäße je Gesichtsfeld.
11. Die Gefäßversorgung der Erwachsenensehnen erscheint nicht so sehr vom Alter abhängig als vielmehr in ihrem Ausmaß individuell bedingt zu sein. Außerdem muß angenommen werden, daß schon im ersten Lebensjahr das Verhältnis der Gefäße zum Sehnengewebe sich entscheidend zugunsten des letzteren ändert.
12. Ein Gesichtsfeld bei 200facher Vergrößerung entspricht einer Fläche von etwa 0,25 mm^2. Der Abstand zweier Kapillaren voneinander beträgt bei den Sehnen der Erwachsenen nach Umrechnung im Minimum 290 μ und im Maximum 980 μ.
13. Die Entstehung der Achillessehnenrisse wird diskutiert.

F. Schrifttum

Alker, G.: Lagebeziehung der Sehne des M. plantaris zur Achillessehne. Zbl. f. Chir. **82** (1957) 1263–1267; Biol. Ber. **119** (1958) 264.

Arai, A.: Blutgefäße der Sehnen. Anat. Hefte **34** (1907) 363–382.

Athabegian, L.: Über die Lage der Achillessehne bei verschiedenen Fußstellungen. Inaug-Diss., Zürich 1903, 29 S.

Biesalski, K., und L. Mayer: Die physiologische Sehnenverpflanzung. Berlin, Springer 1916.

Bronner, H.: Die operative Behandlung der vollständigen subcutanen Zerreißung der Achillessehne. Leistungen und Ergebnisse der neuzeitlichen Chirurgie 1958.

Cummins, J. E, Anson, Carr, Wright: Surg. Gyn. and Obstetr. **83** (1946) 107—112.

Dychno, A.: Anat. Anz. **32** (1936) 282—292.

Lang, J.: Über das Verschiebegewebe der Achillessehne. Anat. Anz. **108** (1959) 225—237.

— Über das Gleitgewebe der Sehnen, Muskeln, Fascien und Gefäße. Z. f. Anat. u. Entw. **122** (1960) 197—231.

Lang, J.: Über die Vascularisation der Wand und des Einbaugewebes mittelgroßer Gefäße des Unterschenkels. Z. f. Anat. u. Entw. **122** (1961) 482—517.

Loetzke, H.-H.: Über die Achillessehne mit ihren Fascienverhältnissen beim Menschen und den Subcutanraum im Bereich der Wadenmuskulatur. Anat. Anz. **103** (1956) 287—304.

Mollier, G.: Beziehungen zwischen Form und Funktion der Sehnen im Muskel-Sehnen-Knochensystem. Morphol. Jb. **79** (1937) 161—199.

Rau: Die Gefäßversorgung der Sehnen. Anat. Hefte **50** (1914) 677—693.

Schneider, H.: Die Abnützungserkrankungen der Sehnen und ihre Therapie. Georg Thieme-Verlag Stuttgart 1959.

Schönbauer, H. R.: Zbl. f. Chir. **7** (1952) 270—271; Zbl. f. Chir. **11** (1952) 446 bis 448; Zbl. f. Chir. **25** (1952) 1068; Zbl. f. Chir. **12** (1955) 471.

Stucke, K.: Über das elastische Verhalten der Achillessehne bei Belastungsversuchen. Langenbecks Arch. u. Dtsch. Z. f. Chir. Bd. **264** (1950) 579—599. Pers. Mitteilungen anläßlich seines Vortrages: „Die Achillessehnenruptur beim Sport" am 23. 9. 1960 in der Sportschule München-Grünwald.

Viernstein, K.: Anat. Seminar, München (1961).

Gerhard Schnorrenberg
München
Anatomisches Institut der Universität

Zum Schlusse erlaube ich mir, für die Themenstellung dieser Arbeit, für die Anregungen und grosszügige Unterstützung, nicht zuletzt auch für die kritische Beurteilung Herrn Privatdozenten Dr. med. Johannes LANG meinen aufrichtigen Dank auszusprechen.

LEBENSLAUF

Am 18. Juli 1936 wurde ich in München als Sohn des Facharztes für Innere Medizin Dr. med. Hans Schnorrenberg und seiner Ehefrau Gudrun, geb. Leyh, geboren. Meine Konfession ist evangelisch. Nach der 4. Volksschulklasse bestand ich im Sommer 1946 die Aufnahmeprüfung für das humanistische Theresiengymnasium. Dieses Gymnasium verliess ich in der 5. Klasse und wechselte in das Ludwigsgymnasium über. Hier legte ich die Reifeprüfung im Juni 1956 ab. Im Herbst 1956 begann ich mit dem Medizinstudium an der Ludwig - Maximilians - Universität zu München. Im Februar 1959 bestand ich das Physikum mit der Note II. Ohne die Universität gewechselt zu haben, studierte ich in München 6 klinische Semester und bestand mein medizinisches Staatsexamen an der Ludwig - Maximilians - Universität am 6. 6. 1962 mit der Gesamtnote I. Die Berechtigung mich als Medizinalassistent zu betätigen, erhielt ich vom Bayerischen Staatsministerium des Innern am 18. 6. 1962.